

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

В. Г. Воропай, В. М. Гаряжа, Д. В. Рум'янцев

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення

курсу

«ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ»

*(для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання
напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та
електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності
«Електротехнічні системи електроспоживання»)*



Харків ХНАМГ 2010

Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. Г. Воропай, В. М. Гаряжа, Д. В. Рум'янцев. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 18 с.

Укладачі: ст. викл. В. Г. Воропай,
доц. В. М. Гаряжа,
ас. Д. В. Рум'янцев

Рецензент: доц. В. М. Ковальов

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 2 від 25.10.2010 р.

Загальні положення

Розвиток суспільства і його успіхи на шляху цивілізації безпосередньо пов'язані з підвищенням продуктивності праці та поліпшенням матеріальних умов життя людей. Необхідною умовою науково – технічного і соціального прогресу є збільшення споживання енергії та освоєння нових, більш ефективних її видів. Бурхливий прогрес техніки і той рівень, якого вона досягла сьогодні був би неможливим без використання якісно нових видів енергії, в першу чергу електричної. Її по праву слід вважати основою сучасної цивілізації.

Однією з найбільш суттєвих відмінностей електричної від інших видів енергії є те, що вона легко і з незначними втратами може практично миттєво передаватися на великі відстані й перетворюватися в інші види енергії. Для електричної енергії характерна висока зручність у користуванні та екологічна чистота. У той же час останні роки все більше показують взаємозв'язок енергетики й навколишнього середовища. Це відбувається тому, що потужності енергетики, яку людство навчилося добувати штучним шляхом, стали співрозмірними з потужностями природи. Штучні енергетичні процеси впливають на біосферу, як правило, негативно. Так, велику тривогу викликає забруднення атмосфери і зміна її газового складу, затоплення великих ділянок землі при спорудженні гідроелектростанцій, можливість радіоактивного забруднення, зміна теплового балансу планети. Вочевидь, що розвиток енергетики і експлуатація енергетичних об'єктів вимагають урахування багатьох факторів, тому необхідна широка фундаментальна підготовки спеціалістів – енергетиків. Одним з кроків до цього є вивчення студентами навчального напрямку «Електротехніка» курсу «Електрична частина станцій та підстанцій». Він покликаний допомогти студентам набути знання технології виробництва електричної енергії, конструкції сучас-

ного електрообладнання, умов його вибору і застосування, схемні й конструктивні рішення електричних станцій і підстанцій, вміння виконувати аналіз системи виробництва, розподілу та споживання електроенергії, взаємодію всіх елементів системи електропостачання, вплив елементів на енергозбереження.

Згідно з стандартами на вивчення цієї дисципліни виділено 2 кредити, які включають 3 модулі. Кожний модуль складається із змістових модулів, в які входять навчальні елементи.

При вивченні курсу рекомендується використовувати таку навчальну літературу:

1. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшков и др.; Под ред. А. А. Васильева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990;
2. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР.– 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 6–750 кВ. ГКД 341. 004. 001– 94. – К., 1994.
6. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2004. 656 с.
7. Проектирование электрической части станций и подстанций: Уч. пособие для вузов/ Ю. Б. Гук , В. В. Кантан, С. С. Петрова – Л.: Энергоатомиздат, 1985.
8. Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов./ Под ред. С. В. Усова. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
9. ДНАОП 0. 00 – 1.21 – 98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К., 2004.
10. Методичні вказівки до курсового проекту "Понижувальна підстанція 6 – 750 кВ" для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання»). Укл. Воропай В. Г., Гаряжа В. М., Саприка О. В.– Харків: ХНАМГ, 2006. – 66 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з електричних станцій та підстанцій (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання"). Укл. Воропай В. Г., Гаряжа В. М., Фатєєв В. М.– Харків: ХНАМГ, 2007.–74 с.
12. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Графіки навантажень, температурний режим та навантажувальна здатність трансформаторів» (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання"). Укл. Воропай В. Г., Гаряжа В. М., Рум'янцев Д. В.– Харків: ХНАМГ, 2008.–17 с.

Модуль 1. Електростанції та їх основне обладнання

Змістовий модуль 1.1

Електричні станції та електроенергетичні системи.

Енергетика України. Історія і перспективи розвитку. Загальні відомості про електричні станції, підстанції і їх місце в енергосистемах. Типи електростанцій та їх характеристики. Технологічні схеми електростанцій.

Альтернативні джерела електроенергії.

Режим роботи електричної системи і участь електростанцій у виробництві електроенергії.

Методичні вказівки. Перш за все, слід зрозуміти завдання й шляхи розвитку енергетики, ознайомитися з історією розвитку, основними принципами виробництва і розподілу електроенергії, типами і технологічними схемами електростанцій, особливістю кожної з них, роллю і типами підстанцій.

При вивченні режимів роботи енергосистем і електростанцій необхідно особливу увагу приділити розгляду тієї частини теми, яка присвячена графікам навантаження. Слід мати на увазі, що основні коефіцієнти і параметри, які характеризують графіки навантаження, неодноразово використовуються в подальших розділах курсу, особливо при виборі основного устаткування станцій і підстанцій. Слід розглянути питання якості електроенергії, з'ясувати, в чому суть динамічної рівноваги між активною і реактивною потужностями, що виробляються і споживаються, і до чого приводить порушення цієї рівноваги.

Література: [1, с. 4-22; 2, с. 4-36].

Питання для самоперевірки

1. Значення енергетики в розвитку економіки, етапи розвитку енергетики України.
2. Поясніть які елементи входять до складу енергосистеми. Наведіть основні поняття, що характеризують енергосистему і вимоги до неї.
3. Дайте характеристику основних типів електростанцій.
4. Наведіть технологічні схеми теплових, атомних, гідравлічних, газотурбінних, парогазових електростанцій.
5. Охарактеризуйте альтернативні джерела енергії.
6. Графіки навантаження. Класифікація. Основні коефіцієнти.
7. Режим електроенергетичної системи і участь електростанцій у виробленні електроенергії.
8. Що таке якість електроенергії? Як на нього впливає об'єднання електростанцій в енергосистему?

Змістовий модуль 1.2

Основне електричне обладнання електричних станцій і підстанцій

Класифікація та призначення електричного обладнання первинних кіл. Загальні відомості про синхронні генератори і компенсатори. Системи збудження і гасіння поля. Ввімкнення синхронних генераторів і компенсаторів на паралельну роботу. Нормальні і анормальні режими роботи синхронних генераторів і компенсаторів.

Загальні відомості про силові трансформатори і автотрансформатори. Системи охолодження і їх ефективність. Номінальна потужність і навантажувальна здатність силових трансформаторів. Режими роботи трансформаторів на електростанціях і підстанціях.

Провідники, ізолятори і кабелі, що застосовуються на електричних станціях і підстанціях. Термічна стійкість провідників.

Струмопроводи з жорсткими і гнучкими провідниками. Комплектні струмопроводи. Електродинамічна стійкість шинних конструкцій.

Вибір шинних конструкцій, провідників і ізоляторів.

Класифікація електричних апаратів. Призначення апаратів первинних кіл, основні вимоги, що ставляться до них. Основні типи високовольтних вимикачів. Виникнення електричної дуги в електричних апаратах. Принципи гасіння дуги.

Конструкції масляних вимикачів. Повітряні, елегазові й електромагнітні вимикачі. Умови вибору. Приводи вимикачів. Вимикання кіл постійного струму. Особливості виконання вимикачів постійного струму.

Роз'єднувачі, короткозамикачі, вимикачі навантаження. Призначення, конструктивні особливості. Приводи. Умови вибору.

Плавкі запобіжники. Принцип дії. Захисні характеристики. Вибір.

Комутаційні апарати в електроустановках до 1000 В.

Струмообмежні реактори, будова, схеми заміщення, схеми вмикання, вибір.

Вимірювальні трансформатори напруги. Типи. Похибки. Вибір.

Вимірювальні трансформатори струму. Типи. Похибки. Способи компенсації похибок. Вибір.

Методичні вказівки. Ця тема є найважливішою в курсі. При її вивченні слід повторити відомі з курсу "Електричні машини" характеристики синхронних машин; діаграми і параметри синхронного генератора; умови паралельної роботи синхронних генераторів; роботу синхронної машини в режимі двигуна і генератора; принцип влаштування трансформатора; характеристики трансформаторів. При повторенні необхідно звернути увагу на будову синхронних генераторів, компенсаторів, трансформаторів, їх основні параметри і режими роботи.

Для синхронних генераторів першорядне значення мають питання охолодження і збудження, тому слід проаналізувати переваги і недоліки окремих видів таких систем, вивчити різні способи автоматичного гасіння поля, їх відмінність, область застосування.

Слід чітко розрізняти режими роботи силових трансформаторів, їх навантажувальну здатність і чим вона визначається.

При вивченні матеріалу, пов'язаного з автотрансформаторами, слід звернути увагу на їх техніко-економічні переваги, недоліки і область застосування.

Для повного засвоєння теми необхідно з'ясувати фізичну суть процесів, що відбуваються при вимиканні струмів, а також основні способи гасіння дуги (особливо дуги постійного струму), призначення кожного апарату розподільної установки і його конструкцію. Вивчаючи конструкції комутаційних апаратів, необхідно ознайомитися з влаштуванням приводів до них, їх технічними характеристиками і кінематичними схемами.

Слід звернути увагу на техніко-економічну доцільність застосування струмообмежних реакторів, їх конструкцію, особливості здвоєних реакторів, на те, як визначаються втрати напруги в реакторі при нормальному режимі роботи і при короткому замиканні. При вивченні вимірювальних трансформаторів треба звернути увагу на їх конструкцію, область застосування, основні характеристики, схеми вмикання, похибки вимірювання і способи компенсації похибок.

Література: [1, с., 23 – 27, 29 – 88, 127 – 334; 2, с. 94 – 146, 234 – 306; 3, с. 47-107, 212 – 243] .

Питання для самоперевірки

1. Основні параметри синхронних генераторів і компенсаторів.
2. Способи охолодження синхронних машин, їх ефективність.
3. Способи збудження синхронних машин, вимоги, що ставляться до систем збудження.
4. Умови вмикання синхронних генераторів і компенсаторів на паралельну роботу. Способи синхронізації, область їх застосування.
5. Основні параметри силових трансформаторів і автотрансформаторів.
6. Системи охолодження трансформаторів.
7. Нагрів трансформаторів при нерівномірному графіку навантаження.
8. Теплове старіння ізоляції трансформаторів.
9. Навантажувальна здатність трансформаторів.
10. Особливості режимів роботи автотрансформаторів.
12. Види ошиновки і матеріали, з яких вона виготовляється.

13. Види ізоляторів.
14. Чим обмежується тривало допустима температура струмопровідних частин?
15. Які заходи сприяють підвищенню динамічної стійкості шин?
16. Як вибирають і перевіряють, переріз шин і провідників?
17. Як перевіряють ізолятори на механічну міцність?
18. Класифікація електричних апаратів первинних кл., основні вимоги, що ставляться до них.
19. Причини виникнення дуги й способи її гасіння.
20. Процес відновлення напруги на полюсах вимикача.
21. Які заходи застосовують для полегшення умов гасіння дуги?
22. Нормовані характеристики напруги, що відновлюється на полюсах вимикача.
23. Характерні режими відновлення напруги.
24. Конструктивні особливості бакових масляних вимикачів.
25. Конструктивні особливості малооб'ємних масляних вимикачів.
26. Конструктивні особливості повітряних вимикачів.
27. Конструктивні особливості вакуумних вимикачів.
28. Класифікація приводів до високовольтних вимикачів.
29. Конструктивні особливості роз'єднувачів, відділювачів і короткозамикачів, вимикачів навантаження.
30. Конструктивні особливості запобіжників з автогазовим гасінням дуги.
31. Конструктивні особливості запобіжників з наповнювачем.
32. Призначення реакторів, їх конструкція. Вибір.
33. Призначення трансформаторів струму.
34. Призначення трансформаторів напруги.
35. Типи трансформаторів напруги і схеми їх включення.
36. Характеристика похибок трансформаторів струму.
37. Характеристики похибок трансформаторів напруги.
38. Розрахункові умови для вибору апаратів.

Змістовий модуль 1.3.

Лабораторні роботи.

1. Побудова й дослідження графіків навантаження підстанцій
2. Побудова й дослідження графіків навантаження ТЕЦ
3. Дослідження шинних конструкцій
4. Маломасляні вимикачі
5. Дослідження процесу відновлення напруги на контактах вимикача
6. Дослідження комутаційної зносостійкості, а також залишкового ресурсу вимикача при експлуатації
7. Комплектні розподільні установки високої напруги.
8. Дослідження навантажувальної здатності силових трансформаторів
9. Порівняльна оцінка надійності схем електричних з'єднань розподільних пристроїв прохідних знижувальних підстанцій
10. Дослідження струмообмежуючого ефекту елементів системи глибокого вводу.
11. Захист підстанцій за допомогою стрижневих блискавковідводів.
12. Дослідження складних заземлювачів за допомогою математичної моделі.

Методичні вказівки. Перед виконанням лабораторних робіт необхідно ознайомитися з методичними вказівками, отримати у викладача завдання для виконання лабораторної роботи і підготувати вихідні дані.

Література: [10].

Змістовий модуль 1.4.

Розрахунково – графічна робота "Графіки навантажень, температурний режим та навантажувальна здатність трансформаторів".

1. Побудова графіка навантаження підстанції і визначення параметрів графіка.
2. Розрахунок температурного режиму трансформатора.
3. Розрахунок добового зносу трансформатора.

Методичні вказівки. Розрахунково-графічну роботу слід виконувати згідно з цими методичними вказівками.

Література: [12]

Модуль 2. Електрична частина електростанцій та підстанцій

Змістовий модуль 2.1

Електричні схеми станцій і підстанцій

Вимоги, що ставляться до схем електроустановок. Проектування схем. Надійність. Техніко-економічний аналіз. Електричні схеми розподільних установок з однією і з двома системами збірних шин, кільцевого типу, спрощені схеми. Електричні схеми підстанцій. Методи обмеження струмів короткого замикання в електричних системах. Схеми власних потреб електростанцій і підстанцій.

Методичні вказівки. У даному розділі курсу необхідно ознайомитися з схемами первинних електричних з'єднань, вимогами, що пред'являються до них, принципами їх побудови, різновидами цих схем і принципами їх техніко-економічного аналізу.

При вивченні цієї теми треба засвоїти і запам'ятати умовні позначення, вживані в схемах електричних з'єднань, ознайомитися з схемами окремих приєднань і схемами розподільних установок, що застосовуються при різних напругах з урахуванням відповідальності споживачів. Потім слід перейти до вивчення головних схем електричних з'єднань станцій і підстанцій, з'ясувати принципи їх побудови, звернути увагу на рівні струмів короткого замикання і динаміку зміни, параметри комутаційних апаратів і перспективи їх підвищення, методи обмеження струмів короткого замикання, ознайомитися з схемами живлення розподільних установок власних потреб на станціях і підстанціях. Важливо з'ясувати, яким чином здійснюється резервування живлення споживачів власних потреб, як визначається кількість і параметри трансформаторів власних потреб і кількість секцій розподільного пристрою власних потреб.

Література: [1, с. 335-407; 2, с. 307-389] .

Питання для самоперевірки

1. Основні вимоги до первинних схем електричних з'єднань.
2. Для чого секціонують збірні шини?
3. Переваги й недоліки схеми з двома робочими системами збірних шин і обхідною.
4. Переваги й недоліки схеми "місток".
5. Основні принципові відмінності схем електричних з'єднань КЕС і ТЕЦ.
6. Особливості схем розподільних установок підвищеної напруги ГЕС.
7. У якій послідовності треба виконувати операції перемикання комутаційної апаратури при переводі приєднання з однієї системи збірних шин на іншу?
8. Основні заходи, за допомогою яких можна обмежити струми короткого замикання.
9. Особливості схем розподільних установок відгалужувальних і тупикових підстанцій.
10. Особливості схем розподільних установок прохідних підстанцій.
11. Особливості схем розподільних установок вузлових підстанцій.
12. Як здійснюється робоче і резервне живлення власних потреб на підстанціях?
13. Як здійснюється робоче і резервне живлення власних потреб на ТЕЦ?
14. Як здійснюється робоче і резервне живлення власних потреб на КЕС?

Змістовий модуль 2.2

Конструкції розподільних установок

Класифікація розподільних установок (РУ). Вимоги до конструкцій РУ. Закриті РУ (ЗРУ). Відкриті РУ (ВРУ). Типові конструкції. Комплектні розподільні пристрої (КРУ). Розміщення електротехнічного устаткування на території електростанцій і підстанцій.

Методичні вказівки. У цьому модулі вивчають конструкції РУ, їх розміщення на території електростанцій і підстанцій, заходи щодо забезпечення надійності і безпеки обслуговування. Ознайомлення з конструкціями РУ слід почати з їх класифікації, з'ясування переваг і недоліків закритих і відкритих РУ.

Рекомендується вивчити типові конструкції ЗРУ, звернути увагу на компоновку устаткування, умови обслуговування і так звані схеми заповнення. Потім потрібно ознайомитися конструкціями і компоновками, планами і розрізами ВРУ.

Необхідно ознайомитися з конструкціями комплектних розподільних установок, що набули велике поширення.

Література: [1, с. 424-454; 2, с. 390-437; 3, с. 478-544] .

Питання для самоперевірки

1. Класифікація розподільних установок.
2. Область застосування ВРУ і ЗРУ.
3. Основні вимоги до РУ станцій і підстанцій.
4. Переваги комплектних розподільних пристроїв типа КРУ і КРУН.
5. Які вимоги з безпеки слід виконувати при спорудженні ВРУ і ЗРУ?
6. Які протипожежні заходи необхідно виконувати при спорудженні ВРУ і ЗРУ.

Змістовий модуль 2.3

Системи управління електростанцій та підстанцій.

Принципи управління електроустановками. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Дистанційне керування комутаційними апаратами. Блокування роз'єднувачів. Схеми управління, сигналізації і контролю. Щити управління. Системи оперативного струму і області їх застосування. Джерела енергії для живлення допоміжних кіл.

Методичні вказівки. Перед вивченням цієї теми необхідно вивчити умовні графічні позначення елементів вторинних схем за ДСТ'у, з'ясувати загальні принципи управління установками. Слід знати, які споживачі живляться від джерел оперативного струму, звернути увагу на ступінь надійності забезпечення їх живлення.

Потрібно засвоїти принцип дії схем дистанційного керування комутаційними апаратами, схем блокування роз'єднувачів, систем сигналізації на щитах управління, звернути увагу на системи дистанційного вимірювання, компоновку щитів управління.

Література: [1, с. 496-537; 2, с. 438-455].

Питання для самоперевірки

1. Схеми дистанційного керування комутаційними апаратами.
2. Принцип дії схем з світловою і звуковою сигналізацією.
3. Схеми електричного блокування роз'єднувачів.
4. Схеми, дистанційного вимірювання.
5. Автоматизовані системи управління електростанціями і підстанціями.
6. Компоновка пунктів управління станцій і підстанцій.

Змістовий модуль 2.4

Пристрої заземлення

Види пристроїв заземлення. Робоче заземлення електричних мереж (мережі з глухозаземленою, незаземленою, компенсованою і ефективно заземленою нейтраллю).

Основні поняття про заземлюючі пристрої, штучні та природні заземлювачі, характеристики землі. Нормування опору і розрахунок пристроїв заземлення.

Методичні вказівки. Пристрої заземлення за своїм призначенням поділяються на робочі, захисні й грозозахисні. Найчастіше всі види заземлення об'єднуються в одне. Перед вивченням пристроїв заземлення слід добре уявити особливості роботи мереж з різними видами заземлення нейтралі, вплив на мережу замикань на землю і зовнішніх перенапруг.

Досить складною є настройка дугогасильних реакторів в мережах з компенсованою нейтраллю, тому необхідно звернути увагу на розрахунок струмів замикання на землю і конструкцію дугогасильних реакторів, а також на методи виявлення замикань на землю.

При розрахунку заземлюючих пристроїв в ряді випадків не вдається забезпечити необхідний опір захисного заземлення – в цьому випадку розрахунок ведеться за допустимою напругою доторкування.

Література: [1, с. 482-486; 4, с. 588-603].

Питання для самоперевірки

1. У мережах якої напруги застосовують глухе заземлення нейтралі?
2. У мережах якої напруги застосовують ефективне заземлення нейтралі?
3. У мережах якої напруги застосовується нейтраль не заземлюється чи застосовується її заземлення через дугогасильний реактор?
4. Які величини повинен мати опір пристроїв заземлення в мережах з різними видами заземлення нейтралі?
5. На якій глибині прокладають на території підстанції полоси для вирівнювання потенціалу?
6. На якій відстані від обладнання слід їх прокладати?
7. Як забезпечити захист від ураження електричним струмом на вході в електроустановку?
8. Поясніть в яких випадках застосовують виносні заземлювачі і їх конструкцію.

Змістовий модуль 2.5

Практичні заняття

1. Навантажувальна здатність силових трансформаторів.
2. Головна схема електричних з'єднань підстанції
3. Розрахунок струмів КЗ для вибору обладнання підстанцій
4. Вибір шин, ізоляторів, розрахунок динамічної і термічної стійкості
5. Вибір вимикачів, роз'єднувачів, трансформаторів струму,
6. Вибір трансформаторів напруги, обмежувачів перенапруги, струмообмежуючих реакторів
7. Розрахунок навантаження власних потреб та вибір трансформаторів власних потреб
8. Конструювання і розрахунок заземлюючого пристрою та грозозахисту підстанції

Модуль 3. Курсовий проект "Понижуюча підстанція 110/10 кВ"

Змістовий модуль 3.1

1. Структурна схема й вибір силових трансформаторів.
2. Вибір головної схеми підстанції.
3. Розрахунок струмів короткого замикання.
4. Вибір основного обладнання та струмопроводів.
5. Релейний захист, автоматика, керування, сигналізація, облік електроенергії.
6. Компонування ВРУ і ЗРУ.
7. Блискавкозахист і пристрої заземлення.

Графічна частина.

1. Однолінійна схема підстанції.
2. Компонування ВРУ і ЗРУ.

Методичні вказівки. Проект слід виконувати згідно з методичними вказівками до нього.

Література:[11].

Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу **«Електрична частина станцій та підстанцій»** (для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності «Електротехнічні системи електроживлення»).

Укладачі: **Воропай** Валентина Григорівна,
Гаряжа Василь Миколайович,
Рум'янцев Дмитро Валерійович

Відповідальний за випуск доц. *Є. Д. Дьяков*

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *Д. В. Рум'янцева*

План 2010, поз. 245 М

Підп. до друку 08.07.2010 р.

Формат 60x84 1/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 0,8

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731
від 19.12.2001